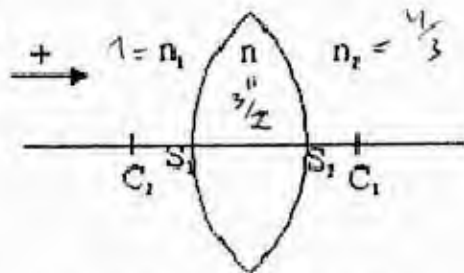




### Exercice 1 : Association de dioptries sphériques

On considère une lentille mince biconvexe dont les rayons de courbure des faces  $S_1C_1 = R$  et  $S_2C_2 = 2R$ , l'indice du verre est  $n=3/2$ . La face d'entrée est baignée par l'air d'indice  $n_1=1$ , la seconde face par l'eau d'indice  $n_2=4/3$ .



Dans les calculs, les sommets  $S_1$  et  $S_2$  seront considérés comme confondus en  $S$  et on se placera dans le cas de l'approximation de Gauss.

1- Soit  $AB$  un objet de faible dimension perpendiculaire à l'axe principal placé dans l'air et  $A'B'$  son image.

- Etablir la formule de conjugaison donnant la position de l'image  $A'B'$  et déterminer le grandissement.
- Montrer que ce système est équivalent à un dioptré sphérique de sommet  $S$  et de centre  $C$  dont on déterminera le rayon algébrique  $\overline{SC}$ .
- Déterminer les distances focales  $\overline{S\Phi'}$  et  $\overline{S\Phi}$  du système. Que vaut le rapport  $\frac{\overline{S\Phi'}}{\overline{S\Phi}}$  ?

2- Calculer la position et le grandissement de l'image  $A'B'$  d'un objet  $AB$  situé à l'abscisse  $\overline{SA} = -\frac{R}{2}$ .

3- Construire graphiquement l'image  $A'B'$ .

4- Que devient la formule de conjugaison dans le cas d'une lentille mince dont les faces sont baignées par le même milieu ( $n_1=n_2$ ) ?

### Exercice 2 : Construction d'images

Soit une lentille mince convergente, de centre optique  $O$ , de foyers  $F$  et  $F'$ .

- Rappeler les formules de conjugaison et de grandissement avec origine au centre optique.
- Construire l'image  $A'B'$  d'un petit objet  $AB$  perpendiculaire à l'axe principal situé entre  $-\infty$  et le foyer objet  $F$ .
- Retrouver les formules de grandissement avec origines aux foyers.
- En déduire la formule de Newton.

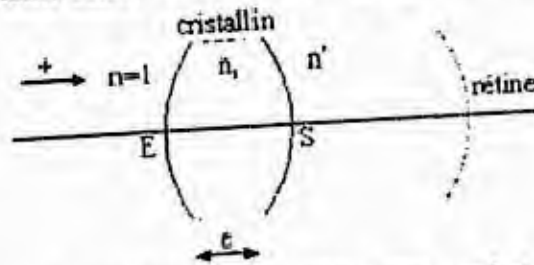
Le petit objet  $AB$  se déplace de  $-\infty$  à  $+\infty$ .

- L'espace objet peut être décomposé en 3 zones, construire les images correspondantes à un objet placé successivement dans chacune de ces zones. En déduire les zones correspondantes de l'espace image.

6. Indiquer dans chaque cas la nature de l'image.  
 Reprendre cette étude dans le cas d'une lentille divergente.

### Exercice 3 : Calcul du système centré équivalent

On représente l'œil par le système centré schématisé sur la figure ci-dessous.



Les indices des espaces objet et image valent respectivement :  $n=1$  et  $n'=1,34$ . L'indice du cristallin est  $n_1=1,41$ . Les rayons de courbure des faces d'entrée et de sortie du cristallin sont :  $\overline{EC}_1 = 9,4\text{mm}$  et  $\overline{SC}_2 = -5,8\text{mm}$ .

L'épaisseur du cristallin est  $\overline{ES}=e=2,4\text{mm}$ .

1. Calculer la vergence  $V_1$  et  $V_2$  de chaque dioptré et la vergence  $V$  de ce système centré.
2. Déterminer la position des foyers  $F$  et  $F'$ , des plans principaux  $P$  et  $P'$  et des points nodaux  $N$  et  $N'$  du système.
3. Montrer que l'œil peut être assimilé à un dioptré sphérique dont on déterminera le sommet, le centre et le rayon de courbure.

### Exercice 4 : Œil hypermétrope et sa correction

Du point de vue optique, l'œil sera assimilé pour tout l'exercice à une lentille mince convergente  $L$ , dont le centre optique  $O$  se trouve à une distance constante, 17 mm, de la rétine, surface où doit se former l'image pour une vision nette. Ce modèle sera appelé œil réduit. L'axe optique est orienté positivement dans le sens de propagation de la lumière.

L'œil hypermétrope donne d'un objet à l'infini une image située derrière la rétine.

La distance focale de l'œil hypermétrope est de 18,5 m. On la considérera constante dans la suite du problème, l'œil n'accommodant pas.

1. L'œil est-il trop ou pas assez convergent ? Corrige-t-on ce défaut en ajoutant une lentille convergente ou divergente ?
2. Correction avec un verre de lunette : Celui-ci est assimilé à une lentille mince  $L_1$  de centre optique  $O_1$ , placé à une distance  $d=12\text{ mm}$  du centre optique de l'œil réduit. On veut une vision nette d'un objet situé à l'infini.
  - a. Rappeler l'endroit où doit se trouver l'image définitive
  - b. Calculer  $OA_1$  définissant la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$  donné par la lentille  $L_1$ .
  - c. En déduire  $O_1A_1$  ainsi que la distance focale de  $L_1$ .
3. Correction avec une lentille de contact : La lentille correctrice  $L_2$  étant appliquée contre l'œil hypermétrope précédent, on admettra que la distance  $d$  est nulle. En déduire la distance focale de la lentille  $L_2$  ; on pourra s'aider du résultat de la question 1.



### Exercice 5 : Loupe et viseur.

On admettra que les distances maximale et minimale de vision de l'œil de l'observateur sont  $d_{\max} = \infty$  et  $d_m = 20$  cm.

**A - LOUPE :** Une loupe est constituée par une lentille mince convergente de centre optique  $O_2$  de distance focale image  $\overline{O_2 F'_2} = f'_2 = 40$  mm. L'œil de l'observateur, placé au foyer image  $F'_2$  de cette loupe, ne peut voir nettement à travers la loupe que les objets situés entre deux positions  $A_1$  et  $A_2$  de l'axe.

1. Calculer la latitude de mise au point  $\Delta = A_1 A_2$  de cette loupe.
2. Un petit objet AB, est vu sous l'angle  $\alpha$  à l'œil nu et sous l'angle  $\alpha'$  à travers la loupe. Calculer la puissance de cette loupe.

**B - VISEUR REGLE A L'INFINI :** Un viseur est composé :

d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente de centre  $O_1$  de distance focale  $\overline{O_1 F'_1} = f'_1 = 12,5$  cm et de diamètre d'ouverture  $D_1 = 30$  mm.

et d'un oculaire constitué de la loupe précédente de diamètre d'ouverture  $D_2 = 15$  mm et de même axe que l'objectif. On règle la distance  $O_1 O_2$  entre les deux lentilles de façon à observer sans accommoder les objets à l'infini.

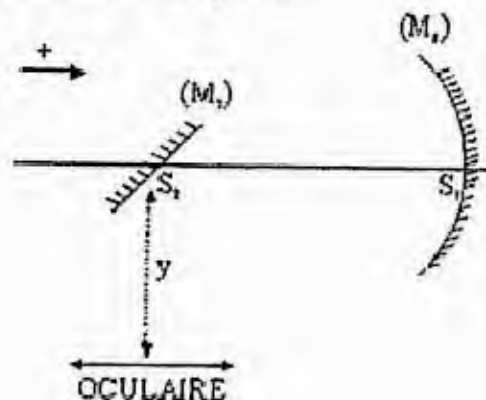
1. Calculer  $\overline{O_1 O_2}$ . Un pinceau lumineux provenant d'un point objet à l'infini fait l'angle  $\alpha$  avec l'axe du viseur et sort du viseur en faisant l'angle  $\alpha'$  avec l'axe. Tracer la marche de ce pinceau et en déduire le grandissement angulaire  $G_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha}$  ainsi que le grandissement linéaire  $\gamma$ . Vérifier la relation  $\gamma G_\alpha = 1$ .
2. Déterminer la position et le diamètre  $D_0$  du cercle oculaire, image de l'objectif à travers l'oculaire.

**C - VISEUR REGLE A DISTANCE FINIE :** Sans modifier la position de l'oculaire et de l'œil on éloigne l'objectif de l'oculaire d'une distance  $X$  de façon à observer nettement et sans accommoder les objets situés à la distance  $d = 25,5$  cm en avant de l'objectif ( $\overline{O_1 A} = -d$ ).

1. Calculer le déplacement  $X$  de l'objectif, puis tracer la marche d'un pinceau lumineux issu de l'objet.
2. Exprimer la puissance  $P_v$  du viseur en fonction de  $f'_1$ ,  $f'_2$  et  $d$ . Calculer  $P_v$ .

### Exercice 6 : Télescope de Newton :

Le télescope de Newton est constitué de deux parties :



– Un objectif comprenant :

un miroir concave ( $M_1$ ) de sommet  $S_1$ , de centre  $C_1$  de rayon de courbure  $2m$

un petit miroir plan ( $M_2$ ), de sommet  $S_2$ , incliné à  $45^\circ$  de l'axe de  $M_1$ .

Un oculaire assimilable à une lentille mince de vergence  $V=50$  dioptries disposée parallèlement à l'axe de  $M_1$ , à la distance  $y=12cm$  de cet axe.

1. L'axe du télescope est dirigé vers le centre de la lune de diamètre apparent  $\alpha = 9.10^{-3}$  rad. Déterminer la position et le diamètre de l'image  $A_1B_1$  donnée par le miroir  $M_1$ .

2. L'oculaire est disposé de façon à fournir une image finale à l'infini. Déterminer :

a) l'encombrement du télescope c'est-à-dire la distance  $S_1S_2$ .

b) l'angle  $\alpha'$  sous lequel la lune est vue à travers l'oculaire. En déduire le grossissement  $G$  du télescope.

### Exercice 7 : Lunette astronomique

1. Etude de l'oculaire de Ramsden 3-2-3.

Un oculaire est composé de deux lentilles minces convergentes  $L_1$  et  $L_2$  identiques de même distance focale  $f'$ , de même axe ; la distance de leurs centres optiques est :  $\overline{O_1O_2} = e = \frac{2}{3}f'$ .

Déterminer la position des foyers objet  $\phi$  et image  $\phi'$  de cet oculaire par rapport aux centres optiques de  $L_1$  et  $L_2$ . Quelle est la distance focale image du système centré ainsi constitué ? A.N.  $f' = 6cm$ .

Construire les éléments cardinaux de l'oculaire.

2. Cet oculaire est associé à un objectif constitué par une lentille mince convergente  $L$  de distance focale image  $F'$ . Le système centré ainsi constitué est utilisé comme lunette astronomique. A quelle distance de  $L$  doit se trouver la première lentille  $L_1$  de l'oculaire pour qu'un objet à l'infini donne à travers le système une image à l'infini ? A.N.  $F' = 90cm$ .

3. Soit  $2p$  le diamètre de la lentille  $L$  constituant l'objectif. Tous les rayons qui entrent dans la lunette passent à la sortie de l'appareil à travers un cercle de diamètre  $2p'$  (cercle oculaire ou pupille de sortie). Construire le cercle oculaire. Quelle est la position et le rayon du cercle oculaire ? A.N. :  $p = 4cm$ .

4. Quel est le grossissement de l'appareil.

5. L'observateur voit nettement entre l'infini et la distance  $d_m=20cm$ . Déterminer la latitude de mise au point, c'est-à-dire le déplacement de l'oculaire que peut effectuer l'observateur.





**Exercice 1 : Association de dioptries sphériques.**

Formule de conjugaison avec origine au sommet du premier dioptré :  $\frac{n}{\overline{SA_1}} - \frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n - n_1}{\overline{SC_1}}$  (1).

Formule de conjugaison avec origine au sommet du second dioptré :  $\frac{n_2}{\overline{SA'}} - \frac{n}{\overline{SA_1}} = \frac{n_2 - n}{\overline{SC_2}}$  (2).

En additionnant (1) et (2), on obtient :  $\frac{n_2}{\overline{SA'}} - \frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n - n_1}{\overline{SC_1}} + \frac{n_2 - n}{\overline{SC_2}}$  (3), formule de conjugaison du système optique complet avec origine en S.

Formule de grandissement avec origine au sommet du premier dioptré :  $\gamma_1 = \frac{n_1}{n} \frac{\overline{SA_1}}{\overline{SA}}$

Formule de grandissement avec origine au sommet du second dioptré :  $\gamma_2 = \frac{n}{n_2} \frac{\overline{SA'}}{\overline{SA_1}}$

Formule de grandissement avec origine au sommet du système optique complet :

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 = \frac{n_1}{n_2} \frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} \quad (4).$$

Les équations (3) et (4) sont les équations d'un dioptré de rayon SC tel que :

$$\frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} = \frac{n - n_1}{\overline{SC_1}} + \frac{n_2 - n}{\overline{SC_2}} \text{ soit } \overline{SC} = \frac{(n_2 - n_1)\overline{SC_1}\overline{SC_2}}{(n - n_1)\overline{SC_2} + (n_2 - n)\overline{SC_1}}.$$

La formule de conjugaison du système optique complet est donc :  $\frac{n_2}{\overline{SA'}} - \frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}}$  (5).

Si l'objet est positionné à  $-\infty$  ( $\overline{SA} = -\infty$ ), l'image sera positionnée au foyer image du système ( $\overline{SA'} = \overline{S\Phi'}$ ), on obtient :  $\overline{S\Phi'} = \frac{n_2 \overline{SC}}{n_2 - n_1}$ .

De la même manière, si l'image est positionnée à  $+\infty$  ( $\overline{SA'} = +\infty$ ), l'objet sera positionné au foyer objet du système ( $\overline{SA} = \overline{S\Phi}$ ) ; on obtient :  $\overline{S\Phi} = -\frac{n_1 \overline{SC}}{n_2 - n_1}$ .

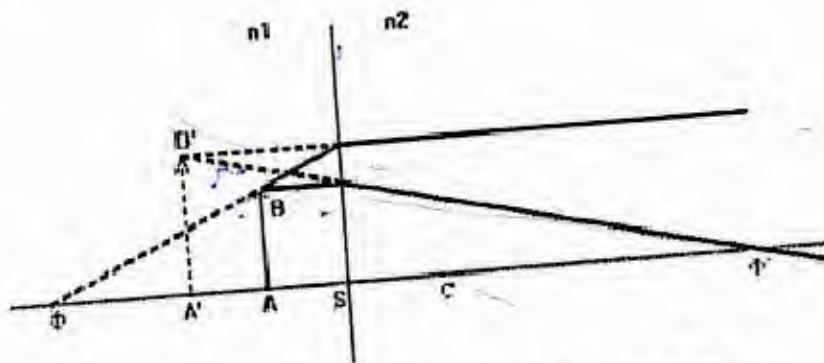
Le rapport des distances focales est donc  $\frac{\overline{S\Phi'}}{\overline{S\Phi}} = -\frac{n_2}{n_1}$ .

2) Si  $\overline{SA} = -\frac{R}{2}$ , on trouve  $\overline{SC} = \frac{2}{3}R$ ,  $\overline{S\Phi'} = \frac{8}{3}R$  et  $\overline{S\Phi} = -2R$ .

D'après l'équation (5), on a  $\overline{SA'} = \frac{n_2 \overline{SAS\overline{C}}}{(n_2 - n_1)\overline{SA} + n_1 \overline{SC}}$  d'où  $\overline{SA'} = -\frac{8}{9}R$ .

$$\gamma = \frac{n_1 \overline{SA'}}{n_2 \overline{SA}} = \frac{\overline{SC}}{\overline{SC} + (n_2 - 1)\overline{SA}} = 4/3$$

3)

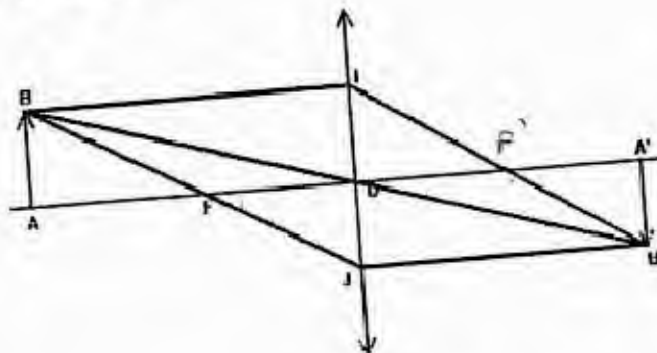


4) On retrouve la « formule » des lentilles minces. L'étudiant vérifiera que

$$\frac{1}{\overline{S\Phi'}} = (n-1) \left( \frac{1}{\overline{SC_1}} - \frac{1}{\overline{SC_2}} \right)$$

est donné par  $\frac{1}{\overline{S\Phi'}} = (n-1) \left( \frac{1}{\overline{SC_1}} - \frac{1}{\overline{SC_2}} \right)$  alors même qu'il n'y a évidemment plus de dioptré équivalent puisque  $n_2 = n_1$  et  $\overline{SC} = 0$

**Exercice 2 : Construction d'images :**



Formule de conjugaison avec origine au centre optique:  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$

Formule de grandissement avec origine au centre optique:  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ .

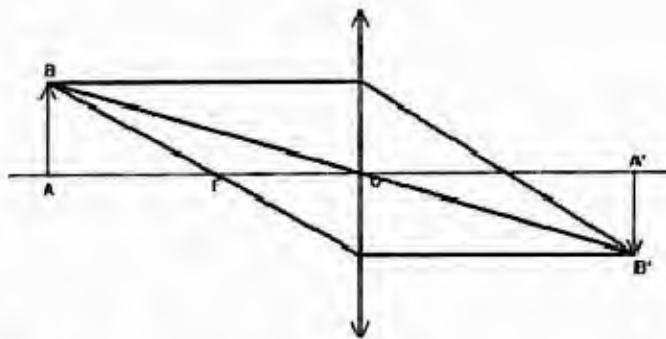
Formules de grandissement avec origine aux foyers:

- $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OJ}}{\overline{AB}}$  en appliquant le théorème de Thalès aux triangles FAB et FOJ, on obtient :  

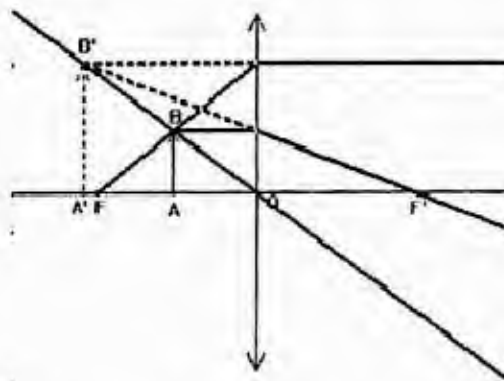
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OJ}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$$
- $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}}$  en appliquant le théorème de Thalès aux triangles F'A'B' et F'OI, on obtient :  

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{FO}}$$
- $\gamma = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{FO}} \Rightarrow \overline{FA} \overline{F'A'} = \overline{OF} \overline{OF'} = -\overline{OF}^2$  (Formule de Newton)

1<sup>er</sup> Cas :  $A \in ]-\infty, F]$ , l'objet est réel et l'image est réelle.

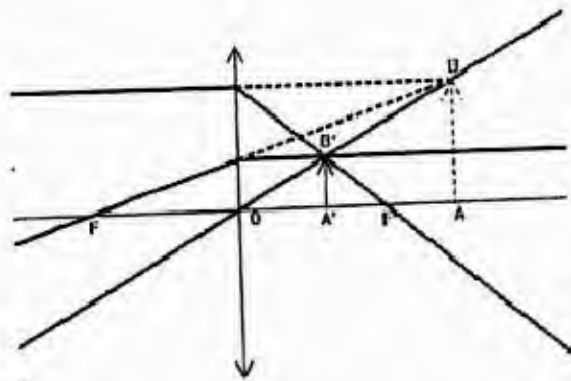


2<sup>ème</sup> cas :  $A \in [F, O]$ , l'objet est réel, l'image est virtuelle :



3<sup>ème</sup> cas :  $A \in [O, +\infty[$ , l'objet est virtuel, l'image est réelle:





### Exercice 3 : l'œil et le calcul du dioptre sphérique équivalent

La formule de conjugaison d'un dioptre sphérique avec origine au sommet est :

$\frac{n'}{SA'} - \frac{n}{SA} = \frac{n'-n}{SC} = V$  où  $V$  est la vergence exprimée en dioptries si les distances sont exprimées en mètre.

1) Calcul de  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V$

On a donc :  $V_1 = \frac{n_1 - n}{EC_1} = 43,6$  dioptries et  $V_2 = \frac{n' - n_1}{SC_2} = 12,1$  dioptries .

Pour calculer la vergence du système total, on utilise la formule de Gullstrand :

$V = V_1 + V_2 - \frac{e V_1 V_2}{n_1} = 54,8$  dioptries où  $e$  est la distance entre les sommets des 2 dioptres et  $n_1$  l'indice séparant les 2 dioptres.

2) Position de  $F$ ,  $F'$ ,  $H$ ,  $H'$ ,  $N$  et  $N'$

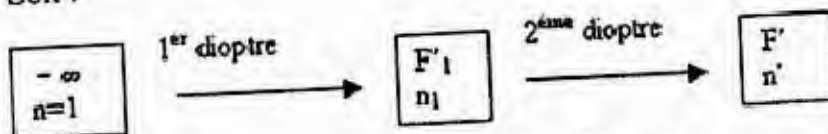
Formule de conjugaison avec origine au sommet du premier dioptre :  $\frac{n_1}{EA_1} - \frac{n}{EA} = V_1$  (1)

Formule de conjugaison avec origine au sommet du deuxième dioptre :  $\frac{n'}{SA'} - \frac{n_1}{SA_1} = V_2$  (2)

Position de  $F'$

Si on considère le système optique complet, en plaçant l'objet  $A$  en  $-\infty$ , l'image finale  $A'$  se trouve en  $F'$  foyer image du système centré. Si l'objet  $A$  se trouve en  $-\infty$ , l'image intermédiaire  $A_1$  se trouve en  $F'_1$  foyer image du premier dioptre. Le foyer image du système centré  $F'$  est donc l'image de  $F'_1$  par le deuxième dioptre.

Soit :



D'après l'équation (1), on obtient :  $\overline{EF'_1} = \frac{n_1}{V_1}$  (3).

D'après l'équation (2), on obtient :  $\frac{n'}{SF'} - \frac{n_1}{SF'_1} = V_2$  soit

$$\frac{1}{SF'} = \frac{1}{n'} \left( V_2 + \frac{n_1}{SF'_1} \right) = \frac{1}{n'} \left( V_2 + \frac{n_1}{SE + EF'_1} \right)$$



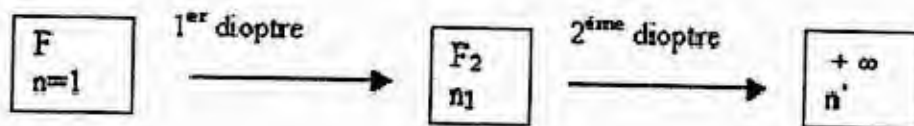
et en remplaçant l'équation (3) :  $\frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{1}{n'} \left( V_2 + \frac{n_1}{-e + \frac{n_1}{V_1}} \right) = \frac{1}{n'} \left( V_2 + \frac{n_1 V_1}{n_1 - e V_1} \right)$

donc  $\overline{SF} = \frac{n'(n_1 - e V_1)}{n_1 V_1 + n_1 V_2 - e V_1 V_2} = 22,7 \text{ mm}$

Position de  $H$   $\neq$

Si on considère le système optique complet, en plaçant l'objet A en F (foyer objet du système complet), l'image finale A' se trouve en  $+\infty$ . Si l'image finale A' se trouve en  $+\infty$ , l'image intermédiaire A<sub>1</sub> se trouve en F<sub>2</sub> foyer objet du deuxième dioptré. Le foyer objet du deuxième dioptré F<sub>2</sub> est donc l'image de F par le premier dioptré.

Soit :



D'après l'équation (2), on obtient :  $\overline{SF_2} = -\frac{n_1}{V_2}$  (4)

D'après l'équation (1), on obtient :  $\frac{n_1}{\overline{EF_2}} - \frac{n}{\overline{EF}} = V_1 \Rightarrow \frac{1}{\overline{EF}} = \frac{n_1}{\overline{EF_2}} - V_1 = \frac{n_1}{\overline{ES} + \overline{SF_2}} - V_1$

et en remplaçant l'équation (4) :  $\frac{1}{\overline{EF}} = \frac{n_1}{\overline{ES} + \overline{SF_2}} - V_1 = \frac{n_1}{e - \frac{n_1}{V_2}} - V_1 = \frac{n_1 V_2}{e V_2 - n_1} - V_1$

donc  $\overline{EF} = \frac{e V_2 - n_1}{n_1 V_1 + n_1 V_2 - e V_1 V_2} = -17,93 \text{ mm}$

\* Position des plans principaux P et P' (position de H et H')

L'équation reliant la distance focale et la vergence est :  $\overline{H'F'} = \frac{n'}{V} = 24,5 \text{ mm}$

soit  $\overline{SH'} = \overline{SF'} + \overline{F'H'} = \overline{SF'} - \overline{H'F'} = -1,82 \text{ mm}$ .

De la même manière, nous pouvons écrire :  $\overline{HF} = -\frac{n}{V} = -18,3 \text{ mm}$

soit  $\overline{EH} = \overline{EF} + \overline{FH} = \overline{EF} - \overline{HF} = 0,37 \text{ mm}$ .

Position des points nodaux N et N'

$\overline{HN} = \overline{H'N'} = \overline{HF} + \overline{H'F'} = 6,3 \text{ mm}$

3) Dioptré équivalent

Calculons la distance  $\overline{HH'} = \overline{HE} + \overline{ES} + \overline{SH'} = 0,21\text{mm} = \overline{NN'}$ .

Dans un dioptré sphérique, il existe un seul point principal (grandissement linéaire de 1), c'est le sommet du dioptré.

Dans un dioptré sphérique, il existe un seul point nodal (grandissement angulaire de 1), c'est le centre du dioptré (le rayon passant par le centre n'est pas dévié).

Donc si on néglige la distance  $\overline{HH'} = \overline{NN'}$ , les points principaux sont confondus ainsi que les points nodaux, l'œil peut être assimilé à un dioptré sphérique de sommet les points principaux confondus et de centre les points nodaux confondus.

La distance  $\overline{H'N'} = 6,3\text{ mm}$  donne le rayon de courbure du dioptré.

#### Exercice 4 : Œil hypermétrope et sa correction

L'image par l'œil hypermétrope, d'un objet à l'infini se forme à 18,5 mm du cristallin alors que la rétine est à 17 mm de O. Cet œil n'est donc pas assez convergent.

On corrige ce défaut en ajoutant une lentille convergente.

##### Correction avec un verre de lunette

L'œil ne voit nettement que les images qui se forment sur la rétine.

L'image définitive, notée A'B', doit évidemment se trouver sur la rétine, c'est à dire à une distance de 17 mm de O si l'œil n'accommode pas.

Soit A' le conjugué de A<sub>1</sub> par L (œil), les positions vérifient la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{f'} \text{ donc } \overline{OA_1} = \frac{f' \times \overline{OA'}}{f' - \overline{OA'}}$$

$$\overline{OA_1} = +210\text{ mm} \quad \checkmark$$

Remarque : L'œil étudié est hypermétrope et n'accommode pas ; donc  $f' = 18,5\text{mm}$ . En revanche, la distance O-rétine vaut toujours 17 mm.

$\overline{OA_1} > 0$ , l'image intermédiaire A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> est un objet virtuel pour L.

$$\text{Nous avons : } \overline{O_1A_1} = \overline{O_1O} + \overline{OA_1}$$

$$\overline{O_1O} = +d = +12\text{ mm}, \overline{OA_1} = +210\text{ mm} \text{ donc } \overline{O_1A_1} = 222\text{ mm} \quad \checkmark$$

Puisque l'objet est à l'infini, A<sub>1</sub> est confondu avec le foyer image F'<sub>1</sub> de L<sub>1</sub> ; ainsi :

$$f'_1 = \overline{O_1A_1} \text{ soit } f'_1 = 222\text{ mm} = 0,222\text{ m}$$

(3) La vergence V<sub>1</sub> de la lentille L<sub>1</sub> (verre de lunette) est :

$$V_1 = \frac{1}{f'_1} = 4,5\text{ δ} \text{ avec } f'_1 \text{ en mètres}$$



### Correction avec une lentille de contact

On utilisera les résultats du 1-c), mais avec  $d = 0$ .

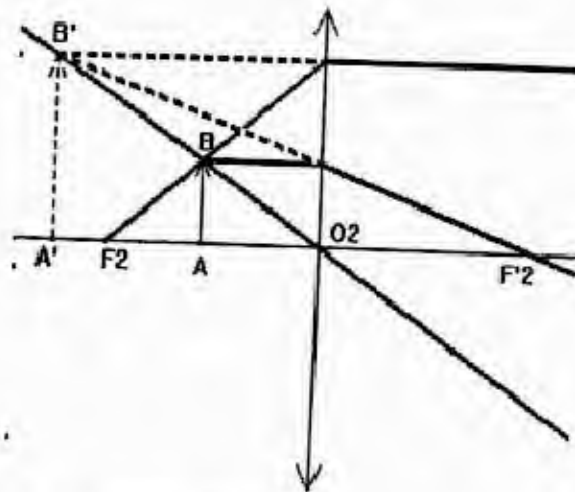
Puisque ici  $d = 0$ , nous obtenons, en reprenant le raisonnement du 1-c) et en adaptant les notations :

$$\overline{O_2 A_1} = \overline{O A_1} = +210 \text{ mm} ; f'_2 = \overline{O_2 A_1} = 0,210 \text{ m} \text{ donc } V_2 = 4,8 \text{ d}$$

**Conclusion :** La correction de l'hypermétropie par une lentille de contact nécessite une lentille légèrement plus convergente que la correction par un verre de lunette ( $V_2 = +4,8 \text{ d} > V_1 = +4,5 \text{ d}$ )

**Exercice 5 : Loupe et viseur.**

### **Loupe**



L'œil est placé au foyer image de la lentille. L'objet AB placé entre la loupe et le plan focal objet donne une image virtuelle A'B' de même sens que l'objet et agrandie.

Si l'objet AB est placé dans le plan focal objet de la loupe, l'image virtuelle A'B' se situe à la distance maximum de vision par rapport à l'œil ( $d_{\max} = \infty$ ). Il existe donc une position de l'objet entre le plan focal et l'œil correspondant à une position de l'image située à la distance  $d_{\min}$  de l'œil.

On cherche donc la position de l'objet correspondant à une position de l'image par rapport à l'œil de  $d_{\min}$ .

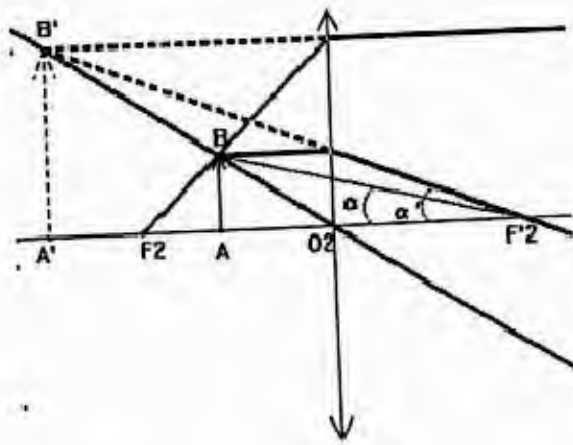
La formule de conjugaison de la loupe est :

$$\frac{1}{\overline{O_2 A'}} + \frac{1}{\overline{O_2 A}} = \frac{1}{\overline{O_2 F'_2}} \Rightarrow \overline{O_2 A} = \frac{\overline{O_2 F'_2} \overline{O_2 A'}}{\overline{O_2 F'_2} - \overline{O_2 A'}}$$

$$\text{or } \overline{O_2 A'} = \overline{O_2 F'_2} + \overline{F'_2 A'} = f'_2 - d_{\min} \Rightarrow \overline{O_2 A} = \frac{f'_2 (f'_2 - d_{\min})}{f'_2 - f'_2 + d_{\min}} = f'_2 \left( \frac{f'_2}{d_{\min}} - 1 \right)$$

La latitude de mise au point est donc la distance entre ce point A et le point focal objet  $F_2$  :

$$\Delta = F_2 A = |\overline{O_2 A} - \overline{O_2 F_2}| = \left| f'_2 \left( \frac{f'_2}{d_{\min}} - 1 \right) + f'_2 \right| = \frac{f'^2_2}{d_{\min}} = 8 \text{ mm}$$



## 2) Calcul de la puissance de la loupe

La puissance d'un instrument d'optique est définie comme le rapport de l'angle sous lequel est vu l'image sur la dimension de l'objet. Si la dimension de l'objet est exprimée en mètres, la puissance s'exprime en dioptries.  $P = \frac{\alpha'}{AB}$ .

$$\tan(\alpha') = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{F_2 A'}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \frac{\overline{AB}}{\overline{F_2 A'}}$$

Dans le cadre de l'approximation de Gauss (angles faibles autour de l'axe optique) la tangente de l'angle peut être approximé par l'angle lui-même exprimé en radians :

$$\tan(\alpha') \approx \alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \frac{\overline{AB}}{\overline{F_2 A'}}$$

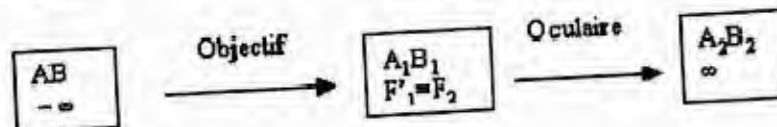
Le grandissement linéaire est :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F_2 A'}}{\overline{F_2 O_2}}$ .

Soit  $\alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \frac{\overline{AB}}{\overline{F_2 A'}} = \frac{\overline{F_2 A'}}{\overline{F_2 O_2}} \frac{\overline{AB}}{\overline{F_2 A'}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{F_2 O_2}} = \frac{\overline{AB}}{-f_2}$  et  $P = \frac{\alpha'}{AB} = \left| \frac{1}{-f_2} \right| = 25 \text{ dioptries}$ .

## Viseur réglé à l'infini

L'objet est à l'infini, l'image intermédiaire est donc au foyer image de l'objectif.

Pour voir sans accommoder, l'image finale doit être à l'infini, l'image intermédiaire doit donc être au foyer objet de l'oculaire.



Les foyers objet et image du système sont rejetés à l'infini, le système est un système afocal.

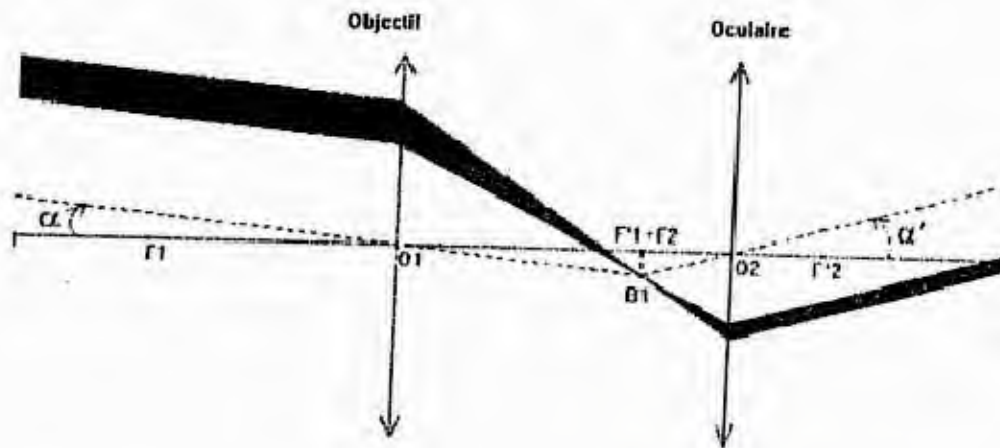
$$\overline{O_1 O_2} = \overline{O_1 F_1} + \overline{F_2 O_2} = f_1' f_2' = 16,5 \text{ cm}$$



construction :

Le rayon incident faisant un angle  $\alpha$  avec l'axe optique et passant par  $O_1$  n'est pas dévié par l'objectif. Il passe par le foyer secondaire  $B_1$  (intersection du rayon incident et de la perpendiculaire à l'axe optique passant par le foyer). Il émerge de l'oculaire en faisant un angle  $\alpha'$  avec l'axe optique.

Un rayon incident faisant un angle  $\alpha$  avec l'axe optique et ne passant pas par  $O_1$  est dévié par l'objectif. Il passe par le même foyer secondaire  $B_1$ . Il émerge de l'oculaire en faisant un angle  $\alpha'$  avec l'axe optique.



$$\tan(\alpha) \approx \alpha = \frac{\overline{F_2 B_1}}{\overline{O_1 F_1}} = \frac{\overline{F_2 B_1}}{f_1} \text{ et } \tan(\alpha') \approx \alpha' = \frac{\overline{F_2 B_1}}{\overline{O_2 F_2}} = \frac{\overline{F_2 B_1}}{-f_2} \text{ donc } G_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{f_1}{f_2} = -3,125.$$

On utilise la relation de Lagrange-Helmholtz :  $n \overline{AB} \sin(\alpha) = n' \overline{A'B'} \sin(\alpha')$ .

Dans notre cas, on a :  $n=n'=1$ ,  $\sin(\alpha)=\alpha$  et  $\sin(\alpha')=\alpha'$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{1}{G_\alpha} = -\frac{f_2}{f_1} = -0,32$$

$$\text{et } \gamma G_\alpha = 1.$$

Le centre du cercle oculaire  $O'_1$  est l'image de  $O_1$  à travers l'oculaire.

Pour déterminer la position du cercle oculaire, on utilise la formule de Newton :  $\overline{F_2 O_1} \overline{F'_2 O'_1} = -f_2^2$  et  $\overline{F_2 O_1} = -f_1$

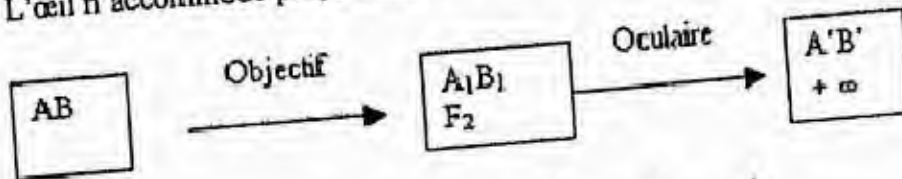
$$\text{d'où } \overline{F'_2 O'_1} = \frac{f_2^2}{f_1} = 12,8 \text{ mm.}$$

$$\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1 B_1}} = \frac{\overline{F'_2 O'_1}}{\overline{F'_2 O_2}} = \frac{f_2^2}{f_1} \left( -\frac{1}{f_2} \right) = -\frac{f'_2}{f_1},$$

on détermine donc le diamètre du cercle oculaire  $D_0 = D_1 |\gamma_2| = 9,6 \text{ mm}$

### Viseur réglé à distance finie

L'œil n'accommode pas, l'observateur regarde donc  $A'B'$  à l'infini à travers le viseur.



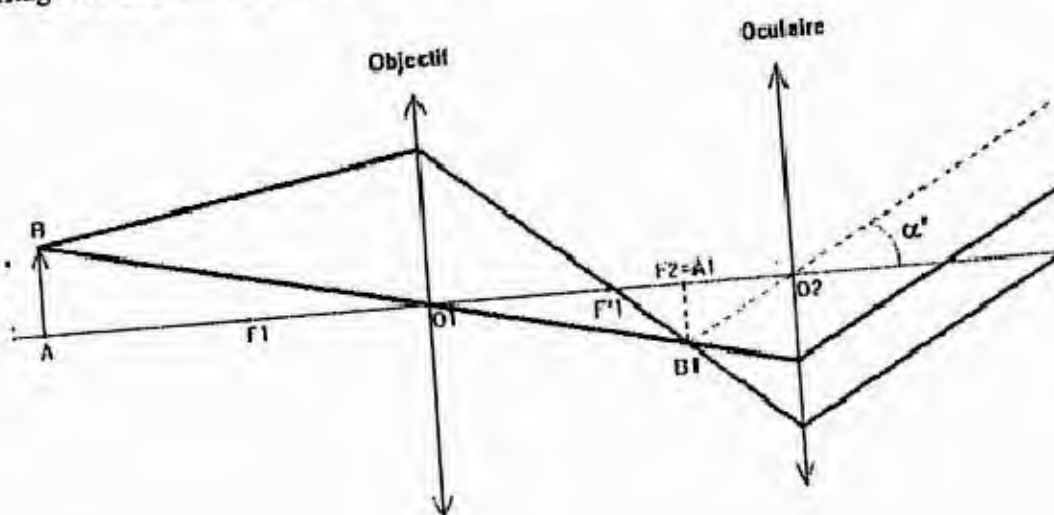
Relation de conjugaison de l'objectif :  $\frac{1}{O_1 F_2} - \frac{1}{O_1 A} = \frac{1}{O_1 F'_1}$

On sait que :  $\overline{O_1 F_2} = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 F_2} = f'_1 + X$  et  $\overline{O_1 A} = -d$ .

On obtient donc :  $\frac{1}{f'_1 + X} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow X = \frac{f_1^2}{d - f'_1} = 12 \text{ cm}$ .

Construction : on trace le rayon issu de B et passant par  $O_1$ , il n'est pas dévié par l'objectif.  $B_1$  image de B par l'objectif est positionné dans le plan focal objet de l'oculaire.  $B_1$  est donc un foyer secondaire de l'oculaire. On sait que tous les rayons issus du même foyer secondaire émergent parallèles entre eux. On trace donc un rayon auxiliaire issu de  $B_1$  et passant par  $O_2$ . Ce rayon auxiliaire n'est pas dévié par l'oculaire. Ce rayon auxiliaire définit donc la direction  $\alpha'$ . Le rayon émerge donc de l'oculaire en faisant un angle  $\alpha'$  par rapport à l'axe optique.

Pour tracer le deuxième rayon, on prend un rayon quelconque issu de B, il passe par le même point image  $B_1$  et il émerge de l'oculaire en faisant un angle  $\alpha'$  par rapport à l'axe optique.



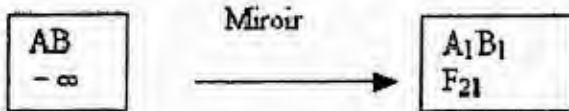
La puissance du viseur est définie par :  $P_v = \frac{\alpha'}{AB}$ .

On sait que  $\tan(\alpha') \approx \alpha' = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{O_2 F_2}}$  et  $\frac{\overline{A_1 B_1}}{AB} = \frac{\overline{O_1 F_2}}{\overline{O_1 A}} = \frac{f'_1 + X}{-d}$  d'où  $\alpha' = \frac{f'_1 + X}{d f'_2} AB$ .



On obtient pour la puissance :  $P_v \frac{f'_1 + X}{df'_2} = 24 \text{ dioptries}$ .

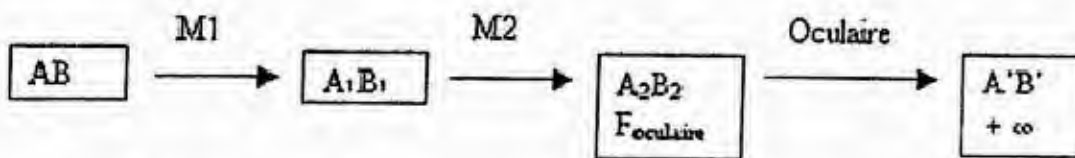
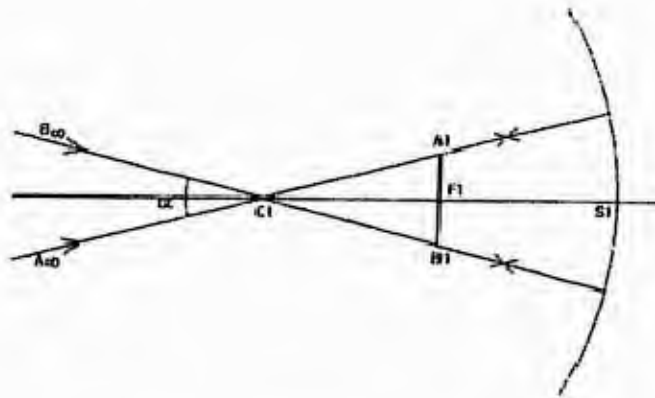
Exercice 6: Télescope de Newton :



L'objet étant situé à l'infini, l'image se situe dans le plan focal du miroir. Pour un miroir le point focal est placé au milieu de C1S1.

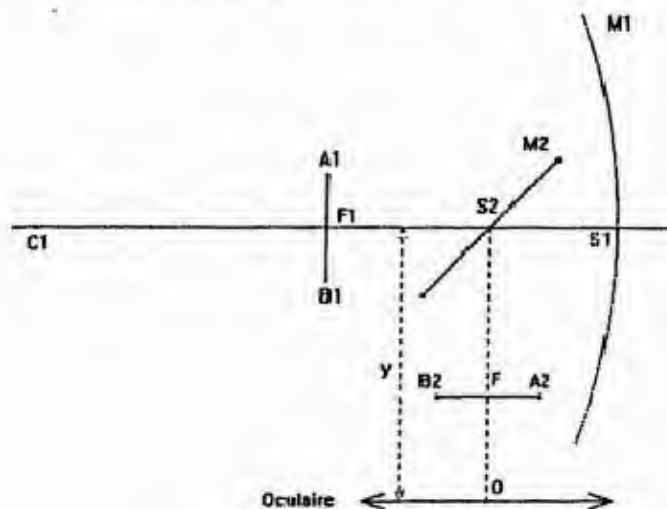
On sait que :  $A_1B_1 = \alpha C_1F_1$  si l'angle est petit et exprimé en radians. Donc nous obtenons :

$$A_1B_1 = \alpha \frac{C_1S_1}{2} = 9 \text{ mm}.$$



L'image finale étant à l'infini, l'image  $A_2B_2$  est foyer objet de l'oculaire.

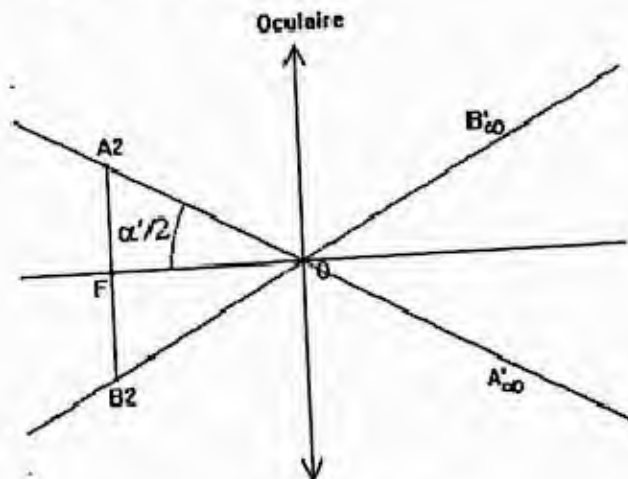
Le miroir M2 donne de  $A_1B_1$  une image  $A_2B_2$  symétrique de  $A_1B_1$  par rapport au plan du miroir M2. Donc  $A_2B_2$  est parallèle à l'axe optique du miroir M1.



D'après les propriétés de symétrie on a :  $S_2F_1 = S_2F = y - f'$  ( $f'$  étant la longueur focale de l'oculaire).

On sait que  $S_1S_2 = S_1F_1 - S_2F_1 = \frac{S_1C_1}{2} - (y - f')$

Application numérique :  $f' = \frac{1}{V} = 2 \text{ cm} \Rightarrow S_1S_2 = 90 \text{ cm}$ .



D'après les propriétés de symétrie on a :  $A_2B_2 = A_1B_1$ , donc

$$\alpha' = \frac{A_2B_2}{f'} = \frac{A_1B_1}{f'} = \frac{\alpha C_1S_1}{2f'} = 0,45 \text{ rad} \approx 25^\circ 47'.$$

On a donc :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{C_1S_1}{2f'} = 50$





ETU SUP.com

Programmmation  
**Cours**  
Electricité  
Physique  
Résumés  
Analyse  
Livres  
**Exercices**  
Contrôles Continus  
Langues  
Thermodynamique  
Multimedia  
**Divers**  
Economie  
Travaux Dirigés  
Chimie Organique  
Informatique  
Optique  
Chimie  
Algèbre  
Corrigés  
Mathématiques  
Mécanique  
Travaux Pratiques  
Droit

et encore plus..